美國水稻品種改良

曾東海
賴明信
陳正昌 整理
◎文／曾書田 主講

曾書田博士係美國加州稻米研究基金會水稻育種專家，此次應行政院農業委員會之邀請，回國指導國內水稻育種、降低生產成本及耕作、產銷制度之擬訂，並於81年6月14日、15日與23日，分別在台中區農業改良場、農業試驗所及行政院農委會發表三次專題演講，本文僅就6月15日下午在農試所農藝系會議室演講之內容綜合整理，承曾博士修訂而成，謹提供稻作研究同仁參考。

一、前言

美國稻米主要產區分佈於臨近墨西哥灣的德克薩斯、路易斯安那、阿肯色斯、密西西比及西海岸的加利佛尼亞等州之部份地區，一般稻農經營稻田區塊較大，生產規模也大，採用高度機械化，經營方式也比較粗放。爲降低生產成本提高工作效率，其田間作業均採用大型機具耕作，尤其深水播種、施肥、施藥均採用小型飛機，稻穀收穫後，除大農場有自備乾燥及儲藏設備者外，一般均運到合作社的乾燥儲藏中心，由中心代爲乾燥儲藏，共同出售後，再依據各農戶稻穀樣本的水分含量及精米完整米率折算穀價，這幾項措施在本省尚未有所聞。

美國自17世紀末即開始水稻引種栽培，此後時而引進新品系試種，至20世紀初期，產米各州逐漸設立試驗場，從事稻作的改良工作。美國的早期水稻育種，以引種及純系選種爲主，亦有小規模的人工雜交育種，但由美國農部所統籌之全國性水稻育種研究計畫，則始自1931年。目前主要育種工作分屬各州農業試驗場，1960年加州稻農同意自其所產稻穀價款中，抽取一小部份充爲基金，用以加強水稻的研究工作，其主要目的即爲水稻之品種改良。

美國稻米品種，依糙米粒之長短分爲短粒型(長度5.5mm以下，長寬比2.0以下)、中粒型(粒長5.5～6.6mm以下，長寬比2.1～3之間)及長粒型(粒長6.61mm以上，長寬比3.1以上)等三種。長粒型適合於南部各州，短粒型主要以加州爲主，但加州目前亦從事中長粒型水稻品種改良。在美國南部各州，早期育種目標偏重於早熟品種之育成，因其有利於種植期的調整；在加州，因土地及勞力成本較高，水稻產量必須提高才能獲利，故自1969年起，乃加強品種改良工作，以提高產量爲主要育種目標，其策略則以引入具有臺中在來1號及IR8的半矮性基因，並利用誘變育種方法,將原有稉稻品種誘發成適應於加州的半

矮性稉稻，育種效率大爲提昇。自1978年以後，高產的半矮性新品種陸續育成，將產量大幅提高。後來南方各州有鑑於此，亦自IRRI引進具有台中在來1號半矮性基因的後代材料，並育成了高產新品種，可見引進新的遺傳資源，對育成優良品種之重要性。

二、美國水稻育種方法

各地採用之育種方法，仍以人工雜交純系選拔爲主，亦有部份爲特定性狀之改良而採用放射性誘變育種，例如由高稈晚熟的Terso誘變爲晚熟短稈的M401，又由M401誘變爲早熟短稈的M203，M401及M203均爲良質米品種。花藥培養法因效率較低(育成二倍體植株之比率偏低)之缺點，故採用並不普遍，以路易斯安那州作得比較多，但除了德州最近以花藥培養育成之Texmont之外，在路州迄無商業品種之育成。有關育種的生物技術與遺傳工程研究正在逐漸加強中。目前美國水稻育種之實際作法，僅就加州稻米研究基金會之水稻育種爲例，說明如下：

人工雜交主要在溫室進行，親本大都種於溫室，亦有取自田間材料，雜交方法採用剪穎，眞空抽除花藥去雄，再將已去雄母本與父本之稻穗一同套入透明膠袋內，每天於稻花盛開時輕彈膠袋補助授粉，二～三天後即把父母植株拆開，即可獲得理想的結實率。每年雜交組合平均在800個左右，除了優良品種及純系之外，早期世代(如F_3或F_4)的優良系統，也往往作爲雜交親本，以促進優良基因的重組及其在育種集團中的頻度。

F_1：雜交種成熟收穫乾燥後即育苗，移植於本田(冬天做的雜交)或冬季圃場(夏季的雜交)，以人工單本植，一般不作淘汰，成熟後每組合以集團全部採收。

F_2：以乾田直播，行長40呎，每組合種植行數視種子量之多寡及土地面積大小而定，以點播機播種，全部F_2組合之種植面積約有10公頃。田間選拔的時間約需一個月，選拔時一般每株逢機選一穗，具有明顯不良性狀之植株，如高稈、空穎多、穗未完全抽出葉鞘及長芒者均予淘汰，獲選之稻穗經乾燥後，在室內就糙米外觀再嚴予篩選，經淘汰後約可得三～四萬穗爲供爲F_3穗行繼續選育。

F_3：與一般商業栽培相仿，採深水直播，種子脫粒後先於膠管中浸水24小時，吸乾後放置過夜，利用4呎長鋁框，以手進行直播於水深約15cm的水田中，行距1.5呎，每穗播一行，播種後約14－20天就可看到秧苗陸續露出水面，初期調查各系統稻葉出水能力與在低溫下稻葉之伸長能力(包括受殺草劑之藥害影響等)，各生長期就生長勢、株型及各種不良性狀加以淘汰。成熟時每系統選5～6穗，對特別優良者增選至20穗，獲選之稻穗經乾燥後，在室內行糙米外觀之篩選。

F_4～F_6：採深水直播，其一般穗行繁殖及選拔方法如F_3，但優良而整齊的系統(穗行)除如F_3選穗外，並全部採收供小區繁殖及初步試驗稻種。

小區試驗：撒播方式播種於4×6呎的小區，其目的爲繁殖種子以供大區產量試驗，同時觀察在撒播狀況下植株群體狀態及初步產量檢定，每年約有4000小區。

大區產量檢定：小區試驗後獲選的系統晉到初級大試區試量檢定試驗，試區面積爲12×15呎，成熟時以聯合收穫機收穫中間的10呎寬區或(收穫面積爲150平方呎)計算每畝單位產量。播種方式爲湛水直播(撒播)以人工爲之，播種量爲150kg／ha，每年初級產量試驗之參試系統約500個，選出較優之系統約80個參加地方試驗者。

地方試驗由加州大學的University of California Cooperative Extension合作執行，在南方各州則由各試驗

場提供其優良品系共同進行地方試驗(Uniform rice nursery)。一個優良系統至少要有三年的地方產量試驗資料，才能登記爲品種，因此，試驗期間表現比較優秀之系統，同時進行穗行栽培純化繁殖，以節省時間。

美國水稻每年只能種一季，爲了加速促進世代，秋天收穫後，少部份優良系統(每年約5,000穗行)種植於夏威夷的冬季圃場，可同時進行耐寒性檢定；也可在溫室裡做一小部分材料的世代促進。

在美國南部各州之重要病害有稻熱病及紋枯病，加州則沒有稻熱病的發生，但小粒菌核病(Stem rot)卻比較嚴重，已利用野生稻O.rufipogon之抗病材料作母本，加以改良選育中。由小粒菌核病菌(Sclerolium oryzae)引起之鞘斑病(Sheath spot)漸漸重要起來，其抗性由O.fatua引進，水象鼻蟲亦常發生，但因未發現眞正具有抗性品種，只有利用美國現有保存的較抗性材料作雜交改良，目前其後代材料雖可選到具抗性材料，但其抗性不強。

三、雜交後代選拔之策略及特性檢定

各世代對株型及一般性狀之選拔觀念，應以育種目標作爲綜合考量，勿就單一性狀逐一嚴格淘汰，否則育種目的將全部落空，田間應就育種目標性狀之選拔爲主，再考量其他次要性狀，如選獲材料，已具有大多優良性狀，而尙有某單一不良性狀時，可就該單一性狀再予以改良，例如在加州長粒米之育種，以適應於加州農藝性狀之優良品系與南方品種雜交。如於早期世代在田間對農藝性狀嚴格選拔，則往往得不到具有南方優良米質之品系，因之要放寬農藝性狀之選拔，確定有優良米質之後，再加強對農藝性狀之選拔。米質之篩選工作，因屬主要育種目標及市場之強烈需求，故自F_3種子開始，必需就外觀粒型嚴格篩選，且自F_4種子起同時進行米飯入口品嚐，(用大同電鍋煮飯，兩個電鍋，每次可煮40個15g的樣品，每天可煮5次，共200個樣品)。大區產量比較試驗之米質篩選，除了白米外觀及入口質之篩選外，對碾米品質(碾米率及完整米率)與理化特性(由美國農部在德州試驗場的米質試驗室協助辦理，包括蛋白質、顆粒性澱粉含量與膠特性等等)均詳予評估及選拔。總而言之，雜交後代之選拔與淘汰，除就秧苗生長勢、株型、倒伏性、劍葉角度、芒及對病蟲害與殺草劑之反應等不良性狀，先於田間淘汰一部份外，在米質篩選過程中，大部分品質未合乎要求之材料，均予淘汰。

在加州短粒型良質米育種的目標仍以越光作爲指標品種，但是良質米的選育工作並非一蹴可及，而須經由人工雜交，其雜種分離後代需先經品質檢定，將獲選優良品質之後代，再與目標品種雜交，進行輪迴育種選拔。由於目前良質品種均伴隨著多種不良性狀，而對米質之優劣又缺乏準確性高的客觀檢定方法，故對於如何才能育成株型優良的良質米品種，正所謂「大家有信心」，卻是「個個無把握」。然綜觀過去良質米品種均有易倒伏之傾向，稻農在栽培管理上，常因擔心後期可能倒伏而減施氮肥，其結果因而大幅降低稻米蛋白質之含量，對入口品質之提升，具正面之意義。故稻米品質的改良工作，除努力於基本的品種改良工作外，對水稻的栽培管理、收穫乾燥、儲存與加工等各個階段之配合改進亦甚爲重要。

耐寒性(由低溫所引起的不孕性)在加州是很重要特性，參加小區及大區試驗的材料都種植於溫室裡，當孕穗至抽穗期間，在夜間以冷氣機把溫室的溫度降到12°C，處理6小時；另外也種植於比較容易受到寒流侵襲的地方，如Un Davis及San Joquin靠近San Francisco灣的地區，進行耐寒性檢定。